

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000216476 A**(43) Date of publication of application: **04.08.00**

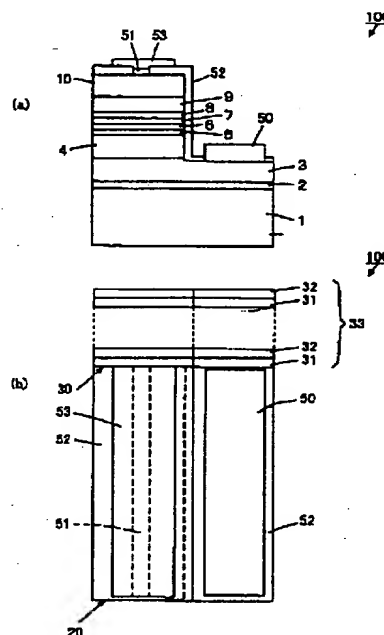
(51) Int. Cl

H01S 5/028(21) Application number: **11016246**(71) Applicant: **SANYO ELECTRIC CO LTD**(22) Date of filing: **25.01.99**(72) Inventor: **YOSHIE MUTSUYUKI****(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a semiconductor light emitting element with a reflection film of high reflectivity.

SOLUTION: A GaN based semiconductor laser element 100 is formed by laminating a low temperature buffer layer 2, an n-contact layer 3, an n-clad layer 4, an n-optical guide layer 5, an n-MQW light emitting layer 6, a p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N layer 7, a p-optical guide layer 8, a p-clad layer 9 and a p-contact layer 10 one by one on a sapphire substrate 1. A rear edge face 30 of the semiconductor laser element 100 is covered with a reflection film 33. The reflection film 33 is formed by laminating eight SiO₂ films 31 and eight Si₃N₄ films 32 one by one and the SiO₂ film 31 and the rear edge face 30 come into contact with each other.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-216476

(P2000-216476A)

(43) 公開日 平成12年8月4日 (2000.8.4)

(51) Int.Cl.⁷

H01S 5/028

識別記号

F I

H01S 3/18

テマコード (参考)

618 5F073

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-16246

(22) 出願日

平成11年1月25日 (1999.1.25)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 吉江 睦之

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

Fターム (参考) 5F073 AA04 AA45 AA55 AA74 AA83

CA07 CB05 CB07 CB20 CB22

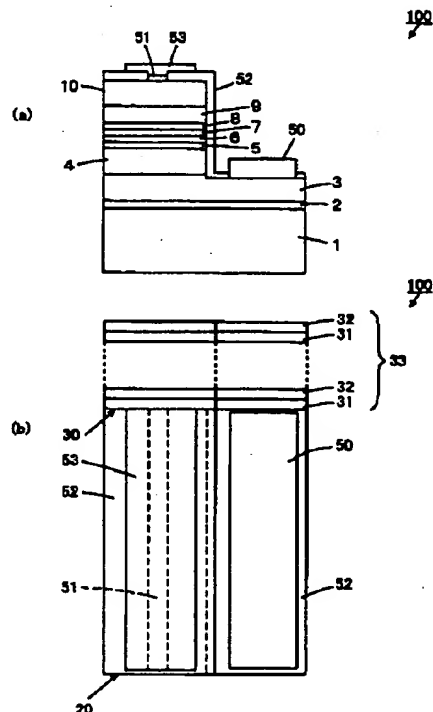
DA33 EA23 EA28

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 反射率が高い反射膜を有する半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 GaN系半導体レーザ素子100は、サファイア基板1上に、低温バッファ層2、n-コンタクト層3、n-クラッド層4、n-光ガイド層5、n-MQW発光層6、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N層7、p-光ガイド層8、p-クラッド層9およびp-コンタクト層10が順に積層されている。半導体レーザ素子100の後端面30は反射膜33により被覆されている。反射膜33は、8つのSiO₂膜31と8つのSi₃N₄膜32とが順に積層されてなり、SiO₂膜31と後端面30とが接触する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光層を含みかつガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む窒化物系半導体層を備えた半導体発光素子であって、前記窒化物系半導体層の少なくとも1つの端面が反射膜で被覆され、前記反射膜は前記端面に接する酸化膜を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記窒化物系半導体層は一对の共振器端面を有し、前記一对の共振器端面の少なくとも一方が前記反射膜で被覆されたことを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 前記一对の共振器端面がそれぞれ前記反射膜で被覆されたことを特徴とする請求項2記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前記一对の共振器端面上の前記反射膜中の前記酸化膜が互いに異なる屈折率を有することを特徴とする請求項3記載の半導体発光素子。

【請求項5】 前記反射膜は、前記酸化膜上に積層された窒化膜をさらに含むことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項6】 前記反射膜は、複数組の酸化膜と窒化膜との積層構造を含むことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、BN（窒化ホウ素）、GaN（窒化ガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）もしくはInN（窒化インジウム）またはこれらの混晶等のIII-V族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ素子の共振器端面は反射膜により被覆されている。

【0003】赤色または赤外の光を出射する従来のGaAs系半導体レーザ素子においては、共振器端面に酸化膜が接していると、共振器端面の酸化による光吸収が生じる。このため、COD（Catastrophic Optical Damage；破局的光学損傷）が発生しやすく、寿命の低下につながる。そのため、従来のGaAs系半導体レーザ素子においては、反射膜として窒化膜が用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、青色または紫色の光を発するGaN系半導体レーザ素子の実用化が進んでいる。このようなGaN系半導体レーザ素子においても、GaAs系半導体レーザ素子と同様に窒化膜からなる反射膜が用いられている。

【0005】しかしながら、反射膜の材料として利用できる窒化物の種類は少ない。このため、窒化膜の屈折率が限定されるので、反射膜の反射率を任意に選択することが困難である。

【0006】また、窒化膜の屈折率はGaN系半導体の屈折率に近いので、窒化膜においては高い反射率が得られない。したがって、共振器端面において高い反射率で光を反射することができず、光の損失が多くなる。このため、GaN系半導体レーザ素子におけるしきい値電流が高くなる。

【0007】一方、高い反射率を得るためには、反射膜において、窒化膜と酸化膜とを多数積層する必要がある。このため、反射膜の製造工程が複雑となる。

【0008】本発明の目的は、任意の反射率を容易に選択可能な反射膜を有する半導体発光素子を提供することである。

【0009】本発明の他の目的は、反射率が高い反射膜を有する半導体発光素子を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係る半導体発光素子は、発光層を含みかつガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む窒化物系半導体層を備えた半導体発光素子であって、窒化物系半導体層の少なくとも1つの端面が反射膜で被覆され、反射膜は端面に接する酸化膜を含むものである。

【0011】本発明に係る半導体発光素子においては、窒化物系半導体層の少なくとも1つの端面と、反射膜を構成する酸化膜とが接する。窒化物系半導体層の表面は安定で酸化されにくいいため、端面に酸化膜が接しても、CODは発生しない。

【0012】また、このような反射膜の材料として利用可能な酸化物の種類は多く、屈折率の高い材料から屈折率の低い材料まで含まれる。したがって、酸化膜の材料を選択することにより、反射膜の反射率を任意に選択することが可能となる。

【0013】さらに、酸化膜の熱伝導係数は窒化膜に比べて高いため、放熱特性が改善され、信頼性が向上する。

【0014】窒化物系半導体層は一对の共振器端面を有し、一对の共振器端面の少なくとも一方が反射膜で被覆されてもよい。

【0015】これにより、酸化膜を含む反射膜により少なくとも一方の共振器端面が被覆されてなる半導体レーザ素子が得られる。この場合、反射膜により被覆された半導体レーザ素子の共振器端面は、反射膜中の酸化膜と接する。しかしながら、共振器端面は窒化物系半導体で形成されているので、安定で酸化されにくい。このため、CODが発生しない。

【0016】また、酸化膜の材料を選択することにより、反射膜の反射率を任意に選択することが可能となる。

【0017】半導体レーザ素子の共振器端面に屈折率の小さな材料により構成される酸化膜を接触させた場合、

光はこの共振器端面において高い反射率で反射される。したがって、半導体レーザ素子における光の損失を低減することが可能となり、しきい値電流の低減が図られる。それにより、消費電力が低減されるとともに、素子寿命が長くなる。

【0018】一方、半導体レーザ素子の共振器端面に屈折率の大きな材料により構成される酸化膜を接触させた場合、光はこの共振器端面において低い反射率で反射される。したがって、共振器端面から出射される光量を高くすることができる。それにより、半導体レーザ素子の光出力を高くすることが可能となる。

【0019】一対の共振器端面がそれぞれ反射膜で被覆されてもよい。この場合、各々の共振器端面を被覆する反射膜の反射率を任意に選択することにより、しきい値電流の低い半導体レーザ素子または光出力の高い半導体レーザ素子が得られる。

【0020】一対の共振器端面上の反射膜中の酸化膜が互いに異なる屈折率を有してもよい。これにより、各々の共振器端面上の反射膜は異なる反射率を有する。屈折率の小さい酸化膜を含む反射膜においては、高い反射率が得られる。一方、屈折率の大きな酸化膜を含む反射膜においては、低い反射率が得られる。

【0021】したがって、一方の共振器端面上の反射膜の反射率および他方の共振器端面上の反射膜の反射率をそれぞれ任意に選択することにより、しきい値電流が低くかつ光出力の高い半導体レーザ素子を実現することが可能となる。

【0022】また、反射膜は、酸化膜上に積層された窒化膜をさらに含んでもよい。この場合においても、酸化膜の材料を選択することにより、反射膜の反射率を任意に選択することが可能となる。屈折率の小さな材料により構成される酸化膜を半導体レーザ素子の共振器端面に接触させることにより、しきい値電流の低い半導体レーザ素子が得られる。また、屈折率の大きな材料により構成される酸化膜を半導体レーザ素子の共振器端面に接触させることにより、光出力の高い半導体レーザ素子が得られる。

【0023】また、上記の反射膜は、酸化膜および窒化膜の積層構造からなるため、半導体レーザ素子の共振器端面と酸化膜との界面において反射が起こるとともに、窒化膜と空気の界面においても反射が起こる。このような多重反射により、反射膜において、さらに高い反射率を得ることが可能となる。

【0024】さらに、反射膜は、複数組の酸化膜と窒化膜との積層構造を含んでもよい。この場合においても、酸化膜の材料、酸化膜と窒化膜との積層構造の数および膜厚を選択することにより、反射膜の反射率を任意に選択することが可能となる。屈折率の小さな材料により構成される酸化膜を半導体レーザ素子の共振器端面に接触させることにより、しきい値電流の低い半導体レーザ素

子が得られる。また、屈折率の大きな材料により構成される酸化膜を半導体レーザ素子の共振器端面に接触させることにより、光出力の高い半導体発光素子が得られる。

【0025】また、上記の反射膜は、酸化膜と窒化膜との積層構造を複数組合むので、半導体レーザ素子の共振器端面と酸化膜との界面において反射が起こるとともに、窒化膜と空気の界面においても反射が起こり、さらに酸化膜と窒化膜との界面においても反射が起こる。このような多重反射により、反射膜においてさらに高い反射率を得ることが可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る半導体発光素子の例として、半導体レーザ素子について説明する。

【0027】図1(a)は本発明に係る半導体レーザ素子の第1の例を示す模式的断面図であり、図1(b)は、図1(a)を上から見た場合の模式的平面図である。

【0028】図1(a)に示すように、半導体レーザ素子100は、サファイア基板1上に、アンドープの $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 低温バッファ層2、 $n-GaN$ コンタクト層3、 $n-Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層4、 $n-GaN$ 光ガイド層5、 $n-MQW$ 発光層6、 $p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ 層7、 $p-GaN$ 光ガイド層8、 $p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層9および $p-GaN$ コンタクト層10が順に積層されている。この場合の n 型ドーパントとしては Si が用いられており、 p 型ドーパントとしては Mg が用いられている。

【0029】 $n-MQW$ 発光層6は、 $In_{0.03}Ga_{0.97}N$ からなる4つの量子障壁層と、 $In_{0.13}Ga_{0.87}N$ からなる3つの量子井戸層とが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。

【0030】 $p-GaN$ コンタクト層10から $n-GaN$ コンタクト層3までの一部領域がエッチングされ、 $n-GaN$ コンタクト層3の一部領域が露出している。この露出した $n-GaN$ コンタクト層3上に、 Ti 膜、 Al 膜および Au 膜を順に積層してなる n 電極50が形成されている。また、 $p-GaN$ コンタクト層10上の所定領域に、 Ni 膜および Au 膜を順に積層してなる p 電極51が形成されている。電極形成領域以外の $p-GaN$ コンタクト層10上面および $n-GaN$ コンタクト層3上面と各半導体層3~10の側面とに、 SiO_2 保護膜52が形成されている。また、 p 電極51上および SiO_2 保護膜52の所定領域上に、 $p-PAD$ 電極53が形成されている。

【0031】図1(b)に示すように、半導体レーザ素子100は、へき開により形成された共振器端面20、30を有する。光出射側の共振器端面(以下、前端面と呼ぶ)20は露出している。

【0032】一方、光出射側と反対側の共振器端面(以

下、後端面と呼ぶ) 30は、8つの SiO_2 膜31と8つの Si_3N_4 膜とが交互に積層されてなる反射膜33により被覆されている。反射膜33においては、 SiO_2 膜31と後端面30とが接触する。

【0033】GaAs等の化合物半導体材料を用いた半導体レーザ素子においては、共振器端面を SiO_2 膜等の酸化膜により直接被覆すると、共振器端面が酸化膜により酸化される。このように酸化された共振器端面は光を吸収しやすい。

【0034】共振器端面が光を吸収すると、共振器端面のエネルギー密度が高くなるため、共振器端面が破壊される。このような高光エネルギー密度による素子の破壊をCOD (Catastrophic Optical Damage) と呼ぶ。したがって、GaAs等の化合物半導体材料を用いた半導体レーザ素子においては、CODの発生を防止するため、共振器端面と酸化膜とが接触するのを避け、 Si_3N_4 膜等の窒化膜等により共振器端面を被覆する。

【0035】これに対して、半導体レーザ素子100においては、GaN系半導体におけるGaとNとの結合が強く安定であるため、後端面30を SiO_2 膜31により直接被覆しても後端面30は酸化されない。したがって、後端面30が光を吸収することはない、CODは発生しない。

【0036】このように半導体レーザ素子100においては、後端面30を SiO_2 膜31により被覆することが可能となるため、 SiO_2 膜31および Si_3N_4 膜32を順に積層してなる反射膜33により、後端面30を被覆することが可能となる。

【0037】また、同じ元素の酸化物と窒化物とでは、一般的には、酸化物の方が窒化物よりも屈折率が小さい。このため、Siの酸化物からなる SiO_2 膜31の方が、窒化物からなる Si_3N_4 膜32よりも屈折率が小さい。 SiO_2 膜31の屈折率は1.5であり、 Si_3N_4 膜32の屈折率は2~2.1である。一方、GaN系半導体から構成される後端面30の屈折率は2.6である。

【0038】屈折率の異なる層の界面においては、光は屈折率の大きい層に向かって進む。したがって、後端面30と SiO_2 膜31とが接触する場合および後端面30と Si_3N_4 膜32とが接触する場合においては、光は、 SiO_2 膜31および Si_3N_4 膜32により反射される。

【0039】前述のように SiO_2 膜31の方が Si_3N_4 膜32よりも屈折率が小さいため、 SiO_2 膜31と後端面30との屈折率の差の方が、 Si_3N_4 膜32と後端面30との屈折率の差よりも大きくなる。したがって、 SiO_2 膜31の方が、 Si_3N_4 膜32よりも高い反射率で光を反射する。このように、反射率の高い SiO_2 膜31により後端面30を直接被覆する反射膜33においては、 Si_3N_4 膜32により後端面30を

直接被覆する反射膜よりも高い反射率が得られる。

【0040】さらに、 SiO_2 膜31と Si_3N_4 膜32とを積層してなる反射膜33においては、 Si_3N_4 膜32と空気との界面においても反射が起こる。したがって、反射膜33においては、 SiO_2 膜31による反射と Si_3N_4 膜32による反射との多重反射が起こるため、さらに高い反射率を得ることが可能となる。

【0041】n-MQW発光層6において発生した光は、共振器内、すなわち前端面20と後端面30との間を往復することにより増幅され、前端面20からレーザ発振する。

【0042】半導体レーザ素子100においては、上記のように高い反射率を有する反射膜33により後端面30が被覆されているため、後端面30において、光は高い反射率で反射される。したがって、光の増幅の際における光の損失を抑えることが可能となる。これにより、低い駆動電流でのレーザ発振が可能となる。

【0043】以上のことから、半導体レーザ素子100においては、しきい値電流が低減される。それにより、消費電力が低減される。また、GaN系半導体結晶中における転位の増殖を抑制することが可能となるため、素子寿命が延びる。

【0044】 SiO_2 膜31は Si_3N_4 膜32に比べて安定である。また、 SiO_2 膜31の熱伝導係数は、 Si_3N_4 膜32の熱伝導係数よりも大きい。したがって、 SiO_2 膜31を後端面30に接触させることにより、 Si_3N_4 膜32を後端面30に接触させた場合よりも半導体レーザ素子100の放熱特性を改善することが可能となる。それにより、半導体レーザ素子100の信頼性が向上する。

【0045】図2は、本発明に係る半導体レーザ素子の第2の例を示す模式的平面図である。

【0046】なお、図2に示す半導体レーザ素子200は、前端面20が反射膜23により被覆される点を除いて、図1(a)および(b)に示す半導体レーザ素子100と同様の構造を有する。

【0047】前端面20を被覆する反射膜23は、 SiO_2 膜21と Si_3N_4 膜22とが順に積層されてなる。反射膜23においては、 SiO_2 膜21と前端面20とが接触する。

【0048】前端面20が SiO_2 膜21により直接被覆されてなる半導体レーザ素子200においても、半導体レーザ素子100と同様、CODは発生しない。

【0049】また、 SiO_2 膜21は Si_3N_4 膜22よりも屈折率が小さいため、 SiO_2 膜21においては、 Si_3N_4 膜22よりも高い反射率が得られる。したがって、前端面20を SiO_2 膜21により直接被覆する反射膜23においては、前端面20を Si_3N_4 膜22により直接被覆する反射膜よりも高い反射率を得ることが可能となる。

【0050】さらに、 SiO_2 膜21と Si_3N_4 膜22とを積層してなる反射膜23においては、 Si_3N_4 膜22と空気との界面で反射が起こる。したがって、反射膜23においては、反射膜33と同様、 SiO_2 膜21による反射と Si_3N_4 膜22による反射との多重反射が起こるため、さらに高い反射率を得ることが可能となる。

【0051】半導体レーザ素子200においては、高い反射率を有する反射膜23により前端面20が被覆されるとともに、高い反射率を有する反射膜33により後端面30が被覆されている。このため、前端面20および後端面30において、光は高い反射率で反射される。したがって、光の増幅の際における光の損失を抑えることが可能となる。これにより、低い駆動電流でのレーザ発振が可能となる。

【0052】以上のことから、半導体レーザ素子200においては、しきい値電流が低減される。これにより、消費電力が低減されるとともに、素子寿命が長くなる。

【0053】また、熱伝導係数の小さい SiO_2 膜21、31が、前端面20および後端面30に接触しているので、半導体レーザ素子200の放熱特性を改善することが可能となる。これにより、半導体レーザ素子200の信頼性が向上する。

【0054】図3は本発明に係る半導体レーザ素子の第3の例を示す模式的平面図である。なお、図3に示す半導体レーザ素子300は、前端面20が反射膜25により被覆される点を除いて、図2に示す半導体レーザ素子200と同様の構造を有する。

【0055】前端面20を被覆する反射膜25は、 TiO_2 膜24と SiO_2 膜21とが順に積層されてなる。反射膜25においては、 TiO_2 膜24と前端面20とが接触する。

【0056】前端面20が TiO_2 膜24により直接被覆されてなる半導体レーザ素子300においても、前端面20が SiO_2 膜21により直接被覆されてなる半導体レーザ素子200と同様、CODは発生しない。

【0057】また、 TiO_2 膜24の屈折率は2.2であり、 Si_3N_4 膜の屈折率よりも大きい。このため、 TiO_2 膜24と前端面20との屈折率の差の方が、 Si_3N_4 膜と前端面20との屈折率の差よりも小さくなる。したがって、 TiO_2 膜24においては、 Si_3N_4 膜よりも低い反射率が得られる。このように反射率の低い TiO_2 膜24により前端面20を直接被覆する反射膜25においては、 Si_3N_4 膜により前端面20を直接被覆する反射膜よりも低い反射率が得られる。

【0058】半導体レーザ素子300においては、上記のように低い反射率を有する反射膜25により前端面20が被覆されているため、前端面20から出射した光が反射膜25において反射されるのを抑えることが可能となる。したがって、レーザ発振時における光の損失を抑

えることが可能となる。

【0059】また、高い反射率を有する反射膜33により後端面30が被覆されているため、反射膜33により光が高い反射率で反射される。したがって、増幅時における光の損失を抑えることが可能となる。

【0060】以上のことから、半導体レーザ素子300においては、しきい値電流が低減されるとともに、光出力を高くすることが可能となる。

【0061】上記のように、 GaN 系半導体レーザ素子においては、酸化膜により共振器端面を直接被覆することが可能となる。したがって、 GaN 系半導体レーザ素子の共振器端面を被覆する反射膜として、半導体レーザ素子100、200、300の反射膜23、33のように、酸化膜と窒化膜とを順に積層してなる反射膜を用いてもよい。また、半導体レーザ素子300の反射膜25のように、酸化膜が積層されてなる反射膜を用いてもよい。あるいは、単層の酸化膜からなる反射膜を用いてもよく、酸化物と窒化物との混合物からなる反射膜を用いてもよい。

【0062】また、反射膜における酸化膜の材料として、半導体レーザ素子100、200、300において示した SiO_2 および TiO_2 以外に、 Be 、 B 、 Mg 、 Al 、 Ca 、 Sc 、 Zn 、 Ga 、 Ge 、 Sr 、 Sn 等の酸化物、あるいは、例えば SiON 等の酸素と窒素の両方を含む膜を用いることが可能である。一方、反射膜における窒化膜の材料としては、半導体レーザ素子100、200、300において示した Si_3N_4 以外に、 Ti 、 Al 等の窒化物を用いることが可能である。

【0063】このように、酸化膜を構成できる材料は、窒化膜を構成できる材料よりも多く、屈折率の高い材料から屈折率の低い材料まで含まれる。したがって、酸化膜の材料を選択することにより、反射膜の反射率を任意に選択することが可能となる。そのため、所望の反射率の反射膜を用いることにより、共振器端面における反射率を素子の用途に応じて任意に選択することが可能となる。

【0064】例えば、図2の半導体レーザ素子200においては、前端面20および後端面30が反射率の高い反射膜23および反射膜33により被覆されている。このような半導体レーザ素子200は、低いしきい値電流が要求される場合において最適である。

【0065】一方、図3の半導体レーザ素子300においては、前端面20が反射率の低い反射膜25により被覆され、後端面30が反射率の高い反射膜により被覆されている。このような半導体レーザ素子300は、高い光出力が要求される場合において最適である。

【0066】なお、半導体レーザ素子100、200、300においては、後端面30の反射膜33において、8つの SiO_2 膜31と8つの Si_3N_4 膜32とを積層しているが、 SiO_2 膜31および Si_3N_4 膜32

の積層数はこれ以外であってもよい。また、前端面20の反射膜23, 25についても同様である。反射膜を構成する膜の積層数および厚さを調整することにより、反射膜の反射率を調整することが可能である。

【0067】また、半導体レーザ素子100, 200, 300においては、各層がAl、GaおよびInを含む窒化物系半導体により構成されるが、これ以外に、ホウ素を含む窒化物系半導体により各層が構成されてもよい。

【0068】さらに、上記においては、本発明を半導体レーザ素子100, 200, 300に適用した場合について説明したが、本発明は、発光ダイオード等の他の半導体発光素子においても適用可能である。

【0069】

【実施例】【実施例1】実施例1においては、図1の半導体レーザ素子100を用いた。

【0070】半導体レーザ素子100は以下のようにして作製した。十分洗浄したサファイア基板のc(0001)面上に、MOCVD法(有機金属気相成長法)により、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ20nmの低温バッファ層2、厚さ3μmのn-GaNコンタクト層3、厚さ700nmのn- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層4、厚さ150nmのn-GaN光ガイド層5、n-MQW発光層6、厚さ20nmのp- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層7、厚さ150nmのp-GaN光ガイド層8、厚さ700nmのp- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層9、厚さ300nmのp-GaNコンタクト層10を順に成長させた。なお、n-MQW発光層6は、4つの厚さ20nmの $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 障壁層と3つの厚さ15nmの $\text{In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ からなる量子井戸層とが交互に積層されてなる。

【0071】n型ドーパントとしてはSiを用い、p型ドーパントとしてはMgを用いた。次に、サファイア基板1上に成長させた各半導体層2~10を600℃の窒素雰囲気中に置き、p型ドーパントを活性化した。

【0072】続いて、p-GaNコンタクト層10上の所定領域にフォトリソを形成し、p-GaNコンタクト層10上面およびフォトリソ上面にNiを蒸着した。その後、フォトリソ上のNiをフォトリソとともに除去した。このようにして、p-GaNコンタクト層10上の所定領域を厚さ800nmのNiマスクで被覆した。

【0073】さらに、Niマスクで被覆しなかった領域において、p-GaNコンタクト層10からn-GaNコンタクト層3までの深さ2.5μmを、塩素イオンを用いた反応性イオンエッチング法によりエッチングし、n-GaNコンタクト層3を露出させた。

【0074】上記のようにして露出させたn-GaNコンタクト層3上に、厚さ100nmのTi膜、厚さ20nmのAl膜および厚さ500nmのAu膜を順に蒸

着し、n電極50を形成した。

【0075】さらに、幅10μmおよび長さ700μmのストライプ状の開口部をp-GaNコンタクト層10上の電極形成領域に有するフォトリソを形成した。その後、厚さ300nmのNi膜および厚さ400nmのAu膜を順に蒸着し、リフトオフ法により、フォトリソ上のNi膜およびAu膜をフォトリソとともに除去した。このようにして、ストライプ状のp電極51を形成した。

【0076】次に、n電極50およびp電極51上にフォトリソを形成し、厚さ5000Åの SiO_2 を蒸着した。フォトリソ上の SiO_2 を、リフトオフ法により、フォトリソとともに除去した。このようにして、電極形成領域を除くp-GaNコンタクト層10上面およびn-GaNコンタクト層3上面と、各半導体層2~10の側面とに、 SiO_2 保護膜52を形成した。

【0077】続いて、p電極51とその周辺に開口部を有するフォトリソを形成し、厚さ1500ÅのTi膜および厚さ5000ÅのAu膜を蒸着した。フォトリソ上のTi膜およびAu膜を、リフトオフ法により、フォトリソとともに除去し、p-PAD電極53を形成した。

【0078】さらに、サファイア基板1および各半導体層2~10を、p電極51の短辺と平行な面においてへき開し、幅10μmおよび長さ500μmの共振器を形成した。

【0079】続いて、上記のようにして分離した素子の一方の共振器端面に、反射膜33を形成した。

【0080】まず、スパッタリングターゲットとしてSiを備えたスパッタリング装置中に素子を置き、 O_2 ガスを導入した。このようにして、スパッタリングにより、一方の共振器端面上に厚さ64nmの SiO_2 膜31を形成した。続いて、 O_2 ガスに代えて N_2 ガスを導入し、 SiO_2 膜31上に厚さ47nmの Si_3N_4 膜32を形成した。以上の操作を繰り返し行い、8つの SiO_2 膜31と8つの Si_3N_4 膜32とを交互に積層してなる反射膜33を形成した。

【0081】なお、 N_2 ガスの SiO_2 膜31への混入および O_2 ガスの Si_3N_4 膜32への混入を防止するため、導入するガスを代える際においては、 O_2 ガスまたは N_2 ガスの導入を停止してから長い時間をおいて N_2 ガスまたは O_2 ガスを導入した。

【0082】以上のようにして、反射膜33により後端面30が被覆されてなる半導体レーザ素子100を作製した。

【0083】実施例1の半導体レーザ素子100においては、CODは観測されず、また、前端面20および後端面30における発振波長400nmの光の反射率は、約20%および99.5%であった。

【0084】半導体レーザ素子100のしきい値電流は265mAであった。また、280mAの駆動電流における光出力は6mWであった。

【0085】【実施例2】実施例2においては、図2の半導体レーザ素子200を用いた。

【0086】半導体レーザ素子200は、前端面20が反射膜23により被覆される点を除いて、実施例1の半導体レーザ素子100と同様の構造を有する。

【0087】反射膜23は SiO_2 膜21と Si_3N_4 膜22とが順に積層されてなる。このような反射膜23は以下のようにして形成した。反射膜23の形成の際には、実施例1において作製した半導体レーザ素子100の露出した共振器端面上に、反射膜33の形成時と同様のスパッタリングにより、厚さ128nmの SiO_2 膜21および厚さ94nmの Si_3N_4 膜22を順に形成した。

【0088】実施例2の半導体レーザ素子200においては、CODは観測されず、また、前端面20および後端面30における発振波長400nmの光の反射率は40%および99.5%であった。

【0089】半導体レーザ素子200のしきい値電流は250mAであった。また、280mAの駆動電流を流した場合の光出力は5.5mWであった。

【0090】【実施例3】実施例3においては、図3の半導体レーザ素子300を用いた。

【0091】半導体レーザ素子300は、前端面20が反射膜25により被覆される点を除いて、実施例2の半導体レーザ素子200と同様の構造を有する。

【0092】反射膜25は TiO_2 膜24と SiO_2 膜21とが順に積層されてなる。このような反射膜25は、以下の点を除いて、実施例2の半導体レーザ素子200の反射膜23と同様の形成方法により形成した。

【0093】反射膜25の形成の際には、スパッタリングターゲットとしてSiおよびTiを備えたスパッタリング装置において、 O_2 ガスを導入した。なお、SiとTiのスパッタリングターゲットは、同一チャンバー内の別ポートに設置した。各々のポートには放電用RF電源が設けられており、この各々の電源をそれぞれ入切することにより、スパッタリングターゲットを選択することが可能である。

【0094】Tiターゲットを用いたスパッタリングにより、露出した共振器端面上に厚さ91nmの TiO_2 膜24を形成した。さらに、Siターゲットを用いたスパッタリングにより、 TiO_2 膜24上に厚さ64nmの SiO_2 膜21を形成した。

【0095】半導体レーザ素子300においては、CODは観測されず、また、前端面20および後端面30における発振波長400nmの光の反射率は5%および99.5%であった。

【0096】半導体レーザ素子300のしきい値電流は

255mAであった。また、280mAの駆動電流を流した場合の光出力は8.2mWであった。

【0097】【比較例1】比較例1においては、図4の半導体レーザ素子400を用いた。

【0098】半導体レーザ素子400は、後端面30が反射膜34により被覆される点を除いて、実施例1の半導体レーザ素子100と同様の構造を有する。

【0099】反射膜34は、 Si_3N_4 膜32と SiO_2 膜31とが順に積層されてなる。このような反射膜34は、以下の点を除いて、実施例1の半導体レーザ素子100の反射膜33と同様の形成方法により形成した。

【0100】反射膜34の形成の際には、共振器端面の一方の面にまず厚さ47nmの Si_3N_4 膜32を形成し、この Si_3N_4 膜32上に、厚さ64nmの SiO_2 膜31を形成した。

【0101】半導体レーザ素子400においては、CODは観測されず、また、前端面20および後端面30における発振波長400nmの光の反射率は20%および95%であった。

【0102】半導体レーザ素子400のしきい値電流は280mAであった。また、280mAの駆動電流を流した場合の光出力は0mWであった。

【0103】【比較例2】比較例2においては、図5に示す半導体レーザ素子500を用いた。

【0104】半導体レーザ素子500は、前端面20が反射膜26により被覆される点を除いて、実施例2の半導体レーザ素子200と同様の構造を有する。

【0105】反射膜26は、 Si_3N_4 膜22と SiO_2 膜21とが順に積層されてなる。このような反射膜26は、以下の点を除いて、実施例2の半導体レーザ素子200の反射膜23と同様の形成方法により形成した。

【0106】反射膜26の形成の際には、露出した共振器端面上に、まず厚さ72nmの Si_3N_4 膜22を形成し、 Si_3N_4 膜22上に、厚さ96nmの SiO_2 膜21を形成した。

【0107】半導体レーザ素子500においては、CODは観測されず、また、前端面20および後端面30における発振波長400nmの光の反射率は30%および99.5%であった。

【0108】半導体レーザ素子500のしきい値電流は262mAであった。また、280mAの駆動電流を流した場合の光出力は5mWであった。

【0109】以上の実施例1~3において示すように、半導体レーザ素子100、200、300の共振器端面に SiO_2 膜21、31を形成した場合においては、CODは観測されなかった。また、 SiO_2 膜21、31により共振器端面を直接被覆する反射膜23、33においては、共振器端面において高い反射率が得られ、 TiO_2 膜24により共振器端面を直接被覆する反射膜25においては、共振器端面において低い反射率が得られ

た。

【0110】実施例1と比較例1および実施例2と比較例2において示すように、 SiO_2 膜21, 31により共振器端面を直接被覆する半導体レーザ素子100, 200においては、 Si_3N_4 膜22, 32により共振器端面を直接被覆する半導体レーザ素子400, 500に比べてしきい値電流が低くなる。

【0111】また、実施例3と比較例2において示すように、 TiO_2 膜24により共振器端面を直接被覆する半導体レーザ素子300においては、 Si_3N_4 膜22により共振器端面を直接被覆する半導体レーザ素子500に比べて高い光出力が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体レーザ素子の第1の例を示す模式的断面図および模式的平面図である。

【図2】本発明に係る半導体レーザ素子の第2の例を示す模式的平面図である。

【図3】本発明に係る半導体レーザ素子の第3の例を示す模式的平面図である。

【図4】比較例1における半導体レーザ素子の模式的平面図である。

【図5】比較例2における半導体レーザ素子の模式的平面図である。

【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 低温バッファ層
- 3 n-GaNコンタクト層
- 4 n- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層
- 5 n-GaN光ガイド層
- 6 n-MQW発光層
- 7 p- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層
- 8 p-GaN光ガイド層
- 9 p- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層
- 10 p-GaNコンタクト層

20 前端面

21, 31 SiO_2 膜

22, 32 Si_3N_4 膜

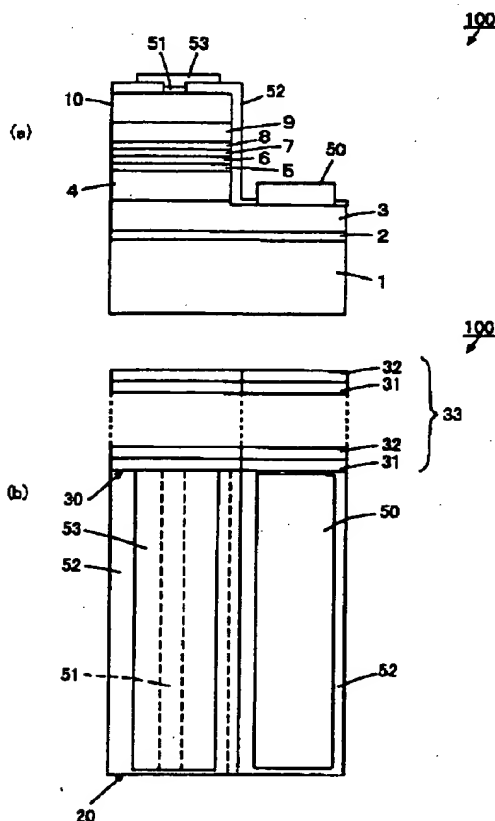
23, 25, 26, 33, 34 反射膜

24 TiO_2 膜

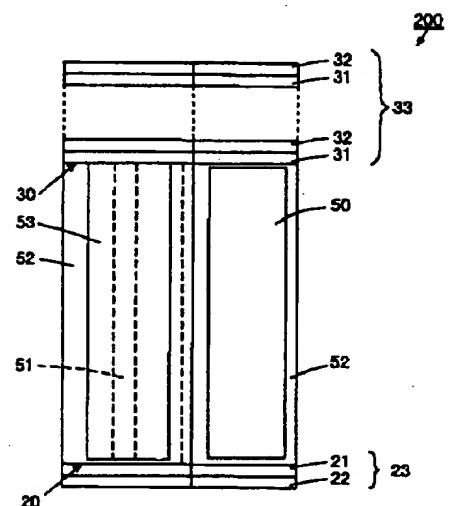
30 後端面

100, 200, 300, 400, 500 半導体レーザ素子

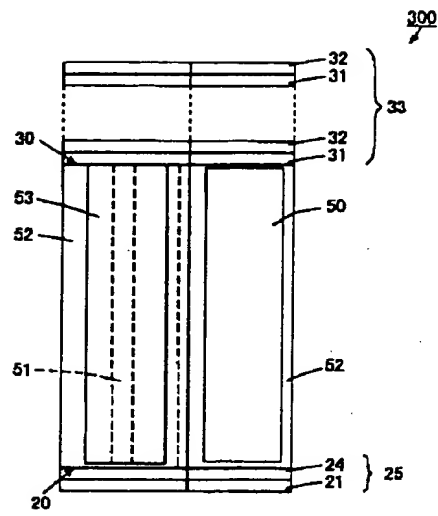
【図1】



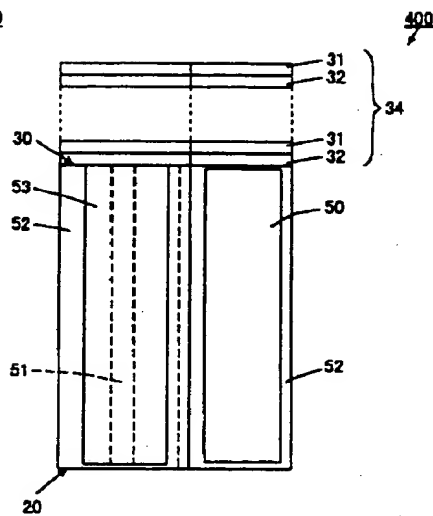
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

